PROBLEMAS DE ELECTROMAGNETISMO

1- Un ion de litio Li^+, que tiene una masa de 1,16 A 10^{-26} kg, se acelera mediante una diferencia de potencial de 400 V y entra perpendicularmente en un campo magnético de 0,6 T. Calcula el radio de su trayectoria.

Aplicando la ley de la conservación de la energía mecánica dentro del campo eléctrico acelerador resulta que el aumento de la energía cinética que experimentan los iones es:

$1/2 \ m \ v^2 = |q| \ . \ \Delta V \quad v = \sqrt{\dfrac{2 \ |q| \Delta V}{m}}$ 0

Sustituyendo y como la carga del ion es la misma que la del electrón, resulta que:

$v = \sqrt{\dfrac{2 \ 1,6 \ 10^{-19} C \ 400 V}{1,16 \ 10^{-26} kg}}$ 0 = 1,05 .10^5 m/s

A continuación el ion penetra perpendicular en un campo magnético, por que sobre él actúa la fuerza de Lorentz que le obliga a describir una trayectoria circular. Aplicando la segunda ley de Newton:

$\Sigma \vec{F} = m \quad \vec{a}_n ; |q| \ v \ B \ sen \ 90 = m \ \dfrac{v^2}{R}$ 0

Despejando y operando: $R = \dfrac{m v}{|q| B} = \dfrac{m}{|q| B} \sqrt{\dfrac{2 \ |q| \Delta V}{m}} = \sqrt{\dfrac{2 \ m \Delta V}{|q| \ B^2}}$ 0

Sustituyendo: $R = \sqrt{\dfrac{2 \ 1,16 \ 10^{-26} kg \ 400 V}{1,6 \ 10^{-19} C \ (0,6 T)^2}} = 1,27 \quad 10^{-2} m$ 0

2. Calcula la fuerza que actúa sobre un protón que tiene una energía cinética de 1 eV y se mueve perpendicularmente a un campo magnético de 1,5 T.

Aplicando la definición de energía cinética, resulta que:
$E_c = 1/2\ m\ v^2$; $1\ eV\ 1,6\ 10^{-19}\ J/eV = 1/2\ 1,67\ 10^{-27}\ kg\ v^2$; $v = 1,4\ 10^4\ m/s$

Sobre el protón actúa la fuerza de Lorentz, cuyo módulo es:
$F_m = |q|\ v\ B\ sen\ \nu = 1,6\ 10^{-19}\ C . 1,4\ 10^4\ m/s . 1,5\ T . sen\ 901 = 3,4 . 10^{-15}\ N$

Su dirección es perpendicular al plano que contiene al vector campo magnético y al vector velocidad y su sentido es el que indica la regla de Maxwell, que coincide con el avance de un sacacorchos al voltear el vector velocidad sobre el vector campo magnético por el camino más corto.

3. Una partícula tiene una carga de + 2 A 10^{-9} C. Cuando se mueve con una velocidad: $\vec{v}_1 = [10^4\ \vec{j} + 10^4\ \vec{k}]\ m/s$ **0, un campo magnético uniforme ejerce sobre ella una fuerza** $\vec{F}_1$ **0, en la dirección del eje OX y en su sentido negativo. Cuando la partícula se mueve con una velocidad** $\vec{v}_2 = 2\ \ 10^4\ \ \vec{i}\ m/s$ **0 sufre, por ese campo magnético, una fuerza** $\vec{F}_2 = 4 . 10^{-5}\ \vec{j}\ N$ **0. Determine el campo magnético.**

Considérese en primer lugar cuando la partícula lleva una velocidad de: $\vec{v}_2 = 2 . 10^4\ \ \vec{i}\ m/s$ 0.

El campo magnético $\vec{B}$ 0es un vector perpendicular a $\vec{v}_2$ 0 y a $\vec{F}_2$ 0.

Como se tiene que cumplir que: $\vec{F} = q\ _\ (\vec{v} \wedge \vec{B})$ 0, entonces el campo magnético es un vector de dirección el eje Z y sentido hacia su parte negativa.

En módulo: F = |q| . v . B . sen ν ; $B = \frac{F}{|q|\ \ v\ \ sen\ \nu}$ 0

Sustituyendo: $B = \frac{4\ \ 10^{-5}\ N}{2 . 10^{-19}\ C . 2 . 10^4\ m/s . sen\ \ 90} = 1 . 10^{10}\ T$ 0

Su expresión vectorial, en el sistema de referencia elegido, es: $\vec{B} = -\ 10^{10} . \vec{k}\ T$ 0

A continuación se comprueba si este valor del campo magnético está de acuerdo con el primer movimiento.

El vector velocidad $\vec{v}_1$ 0, tiene dos componentes:
$\vec{v}_1 = (10^4\ \ \vec{j} + 10^4\ \ \vec{k})\ m/s$ 0

La componente en el eje Z es paralela al campo magnético, por lo que no interacciona con él.

La componente de la velocidad en el eje Y es lo que hace que la partícula interaccione con el campo magnético. En el sistema de referencia de la figura

adjunta y aplicando las reglas del producto vectorial, sobre la partícula actúa una fuerza de dirección la del eje de abscisas y sentido negativo del mismo. $\vec{j} \wedge (-\vec{k}) = -\vec{i}$ 0.

4. Un protón, un electrón y una partícula alfa, acelerados por la misma diferencia de potencial, entran en una región del espacio donde el campo magnético es uniforme y se mueven perpendiculares a dicho campo. Determina la relación entre sus energías cinéticas y entre sus velocidades en el momento de penetrar en el campo magnético. Si el radio de la trayectoria del protón es 0,1m,)cuáles son los radios de las trayectorias del electrón y de la partícula alfa?
Datos: $m_e = 5{,}45$ A 10^{-4} u; $m_p = 1$ u; $m_\alpha = 4$ u; $q_e = -$ e; $q_p =$ e; $q_\alpha = 2$A e

Supóngase que las tres partículas son aceleradas entre las mismas placas y que cuando se acelera el electrón se invierte la polaridad entre ellas para que las tres partículas entren en la misma región del campo magnético con velocidades de la misma dirección y sentido. Una vez que las partículas entran en el campo magnético, el protón y la partícula α giran en el mismo sentido y el electrón en sentido contrario.

a) La energía cinética de las partículas se calcula aplicando la ley de conservación de la energía mecánica, considerando que la velocidad inicial de las partículas es igual a cero, resulta que: $\Delta E_c = |q| \cdot \Delta V$

Para cada partícula: $E_{c,\,e} = e \cdot \Delta V$; $E_{c,\,p} = e \cdot \Delta V$; $E_{c,\,\alpha} = 2 \cdot e \cdot \Delta V$
Por lo que: $E_{c,\,e} = E_{c,\,p} = 2 \cdot E_{c,\,\alpha}$

b) Aplicando la definición de energía cinética, resulta que:
$1/2 \cdot m_e \cdot v_e^2 = 1/2 \cdot m_e \cdot v_p^2 = 1/2 \cdot 2 \cdot m_e \cdot v_\alpha^2$

Simplificando y sustituyendo: $5{,}455 \cdot 10^{-4} \cdot v_e^2 = 1 \cdot v_p^2 = 4 \cdot v_\alpha^2$

Por lo que: $v_p = 2{,}3 \cdot 10^{-2} \cdot v_e = 1{,}4 \cdot v_\alpha$

c) Aplicando la ley de la conservación de la energía mecánica dentro del campo eléctrico acelerador resulta que la velocidad de una partícula acelerada por una diferencia de potencial ΔV es:

$1/2 \cdot m \cdot v^2 = |q| \cdot \Delta V$; $v = \sqrt{\frac{2|q|\Delta V}{m}}$ 0

A continuación las partículas penetran en el campo magnético, por que sobre ellas actúa la fuerza de Lorentz que les obliga a describir una trayectoria circular. Aplicando la segunda ley de Newton:

$$\Sigma\vec{F} = m.\ \vec{a}_n\ ;|\,q\,|\,.\,v\,.\,B\,.sen\ 90 = m\ \frac{v^2}{R}$$ 0

Despejando y operando: $R = \frac{m\ v}{|\,q\,|\ B} = \frac{m}{|\,q\,|\ B}\sqrt{\frac{2\ |\,q\,|\Delta V}{m}} = \sqrt{\frac{2\,m\ \Delta V}{|\,q\,|\ B^2}}$ 0

Sustituyendo, resulta que los correspondientes radios de las partículas son:

$R_p = \sqrt{\frac{2\,.1\,.\Delta V}{e\,B^2}} = \sqrt{\frac{2\ .\Delta V}{e\,.\,B^2}}$ 0 = 0,1 m

$R_e = \sqrt{\frac{2\,.5{,}45\ .\ 10\text{-}\,4\,.\Delta V}{e\,.\,B^2}} = 2{,}3\ .\ 10^{-2}\sqrt{\frac{2\,.\,\Delta V}{e\,.\,B^2}} = 2{,}3\ .\ 10^{-2}\ .\,R_p$ 0 = 2,3 A 10^{-3}m

$R_\alpha = \sqrt{\frac{2\,.4\,.\Delta V}{2\,.\,e\,.\,B^2}} = 1{,}4\ .\ \sqrt{\frac{2\,.\,\Delta V}{e\,.\,B^2}} = 1{,}4\ .\ R_p$ 0 = 0,14 m

5. El campo magnético del filtro de velocidades de un espectrómetro es 1 T. Calcula el campo eléctrico, si los iones que tienen una velocidad de 10^4 m/s pasan sin desviarse.

En un filtro de velocidades los campos eléctrico y magnético son perpendiculares entre sí y, a su vez, perpendiculares a la velocidad de los iones. Como los iones no se desvían, la fuerza magnética y la fuerza eléctrica tienen el mismo módulo la misma dirección y sentidos opuestos.

$\vec{F}_{magn} + \vec{F}_{el} = 0;\ |\,q\,|\,.\,v\,.\,B = |\,q\,|\,.\,E$; 0 E = v B

Sustituyendo: E = 10^4 m/s . 1 T = 10^4 N/C

6. Calcula la velocidad de un protón que es acelerado por un ciclotrón cuyo campo magnético es 1,5 T y cuyo radio es 0,5 m.

El campo magnético del ciclotrón actúa sobre la partícula obligándole a describir una trayectoria circular. Cada media vuelta, la partícula es acelerada por el campo eléctrico que actúa entre las *Des* por lo que el radio de la trayectoria es cada vez mayor. Cuando el radio de órbita es mayor que el del aparato, la partícula se escapa siguiendo la tangente a la trayectoria.

Aplicando la segunda ley de Newton, resulta que:

$$\Sigma\vec{F} = m \ _ \ \vec{a}_n ; |q| _ v _ B _ sen\ 90” = m \ \frac{v^2}{R} \ 0$$

La velocidad con la sale expulsado depende del radio de la última órbita:

$$v_m\, xima = \frac{|q| _ R_{ciclotr}\, n _ B}{m} = \frac{1,6 _ 10^{-19}\, C _ 0,5\, m _ 1,5\, T}{1,67 _ 10^{-27}\, kg} = 7,2 _ 10^{7}\ m/s$$

0

7. Las cajas, en forma de D, de un ciclotrón están colocadas en el interior de un campo magnético uniforme de 0,3 T. Si se introduce dentro del ciclotrón una fuente de protones, determina la frecuencia con la que tiene que variar el sentido del campo eléctrico aplicado entre las cajas.)Con qué velocidad sale el protón, si el radio de la última vuelta es de 60 cm?)Con qué diferencia de potencial hay que acelerar al protón para que alcance la misma velocidad?

a) Dentro de las *Des* de un ciclotrón las partículas describen órbitas cuyo radio depende de la velocidad de las mismas. Aplicando la segunda ley de Newton, resulta que:

$$\Sigma\vec{F} = m \ . \vec{a}_n ; |q| .v .B . sen\ 90” = m \ \frac{v^2}{R} \ 0$$

Despejando: $R = \frac{m\,.\,v}{|q|.B}$ 0

El campo eléctrico acelerador que actúa dentro de las *Des* cambia de polaridad en un tiempo igual al que la partícula tarda en recorrer una semicircunferencia dentro de cada una de las *Des*.

Por tanto, el período y por consiguiente la frecuencia, denominada frecuencia ciclotrónica, con la que debe cambiar de polaridad el campo eléctrico es igual a la frecuencia de las partículas dentro del aparato.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{v}{2 . \pi . R} = \frac{|q|\ B}{2\ \pi\ \ m}$$

Sustituyendo: $f = \frac{1,6\ . 10^{-19}\ C\ .\ 0,3\ T}{2\ \pi .\ 1,67\ . 10^{-27}\ kg} = 4,6 . 10^{6}$ Hz

d) La velocidad con la sale expulsado depende del radio de la última órbita:

$$v_m = \frac{|q| . R_{ciclotr} . B}{m} = \frac{1,6 . 10^{-19}\ C . 0,6\ m . 0,3\ T}{1,67 . 10^{-27}\ kg} = 1,7 . 10^{7}\ m/s$$

c) La diferencia de potencial que habría que aplicar entre los extremos de aun acelerador lineal se determina aplicando la ley de la conservación de la energía mecánica.

$1/2 . m . v^2 = |q| . \Delta V$; $\Delta V = \frac{m\ . v^2}{2 . |q|} = \frac{1,67\ . 10^{-27}\ kg\ .\ (1,7\ . 10^{7}\ m)^2}{2\ . 1,6\ .\ 10^{-19}\ C} = 1,5 . 10^{6}$ V

8. Por qué se contrae un muelle cuando se hace pasar una corriente continua por él?

El sentido de la intensidad de la corriente eléctrica es el mismo en todas las espiras. Como las fuerzas entre conductores recorridos por corriente del mismo sentido son atractivas, el muelle se contrae.

10. Un hilo de 50 cm de longitud está sobre el eje Y y transporta una corriente de 1 A en la dirección positiva de dicho eje. Si el hilo se encuentra en una zona donde existe un campo magnético $\vec{B} = 0,2 . \vec{i}\ -\ 0,4 . \vec{j}\ +\ 0,5 . \vec{k}\ T$, determina la fuerza que actúa sobre el hilo.

La fuerza que la que actúa un campo magnético sobre un conductor de corriente rectilíneo se determina aplicando la segunda ley de La Place.

$$\vec{F} = I\ \ (\vec{L} \wedge \vec{B})$$

La expresión vectorial del conductor es: $\vec{L} = 0,5\ .\ \vec{j}\ \ m$

Aplicando las reglas del producto vectorial resulta que:

$$\vec{F} = 1\ A\ . (0,5\ \ \vec{j}\ m \wedge [(0,2\ \vec{i}\ -\ 0,4\ \vec{j}\ +\ 0,5\ \vec{k}\ )\ T] =$$

$$= [0,1\ \ (-\ \vec{k})\ +\ 0,25\ \ \vec{i}\ ]\ N = (0,25\ \vec{i}\ -\ 0,1\ \ \vec{k}\ )\ N$$

Cuyo módulo es: $F = \sqrt{(0,25\ N)^2\ +\ (0,1\ N)^2} = 0,27\ N$

11. Una varilla conductora de longitud L = 20 cm y masa *m = 10* g puede deslizar sin rozamiento entre dos raíles verticales tal como muestra la figura adjunta. Este circuito está inmerso en un campo magnético uniforme *B* perpendicular a su plano. Si hacemos circular una corriente de intensidad *I = 1 A,* calcula el valor del campo magnético B para que la varilla se mantenga en reposo. Indica cuál debe ser la dirección y el sentido de dicho campo para que esto suceda.

Para que la varilla se mantenga en reposo, debe actuar sobre ella una fuerza que equilibre a su propio peso. Esta fuerza debe tener la dirección de la vertical y sentido hacia arriba.

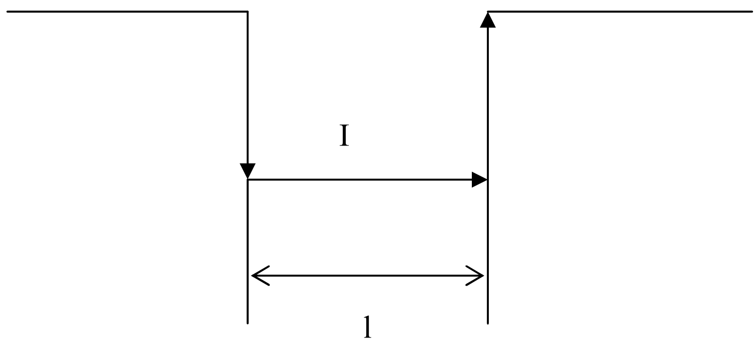
$\Sigma \vec{F} = 0 ; \quad F_{magn} = m \ . \ g$ 0

Si esta fuerza es debida a la acción de un campo magnético, se determina aplicando la segunda ley de La place: $\vec{F} = I \quad (\vec{L} \wedge \vec{B})$ 0

Aplicando las reglas del producto vectorial se deduce que el campo magnético es perpendicular al plano que determinan la varilla conductora y el vector fuerza, luego es perpendicular al plano del papel. Su sentido es hacia dentro para así actuar con una fuerza de la dirección y sentido indicados.

Despejando en la ecuación anterior de forma escalar, se tiene que:

$$B = \frac{F}{I \ . \ L} = \frac{m \ . \ g}{I \ . \ L} = \frac{10 \ . \ 10^{-3} \ kg \ . \ 9{,}8 \ m/s^2}{1 \ A \ . \ 0{,}2 \ m} = 0{,}5 \ T$$ 0



12. Una bobina de 10 espiras de 5 cm de diámetro se coloca en el seno de un campo magnético de 0,5 T. Si la bobina es recorrida por una intensidad de la corriente de 1,5 A, determina el momento magnético de la bobina y el momento del par de fuerzas cuando el campo y el momento magnético de la bobina forman un ángulo de 30º. Cuál es el valor máximo del momento del par de fuerzas? .¿En qué posición es máximo y mínimo este momento?

a) El momento magnético de una espira, $\vec{m}$ 0,es un vector perpendicular al plano de la espira y su sentido coincide con el del avance de un sacacorchos que gira según lo hace la intensidad de la corriente eléctrica por el circuito. Su módulo es:
m = N . I . S = 10 espiras . 1,5 A . π . (2,5 10^{-2} m)^2 = 2,9 10^{-2} . A m^2

b) El momento del par de fuerzas que actúa sobre la espira es:
$\vec{M} = N \ . \ I \ . \ (\vec{S} \wedge \vec{B}) = \vec{m} \wedge \vec{B}$
0
Y su módulo: M = m . B . sen ν = 2,9 . 10^{-2} A m^2 . 0,5 T sen 30º = 7,25 . 10^{-3} N . m

c) El valor máximo del par es: M = m . B . sen 90º = 2,9 . 10^{-2} .A m^2 . 0,5 T = $1{,}4510^{-2}$ N m

d) El módulo del par de fuerzas es máximo cuando el plano de la espira es paralelo al campo magnético, es decir cuando el vector campo magnético y el vector superficie son perpendiculares, φ = 90º.

Y este módulo es mínimo cuando el plano de la espira es perpendicular al campo magnético, es decir, cuando el vector superficie es paralelo al vector campo magnético.
φ = 0º.

13 Se tienen dos hilos conductores muy largos, rectilíneos y paralelos, separados 75 cm. Por el hilo conductor 1 circula una corriente de intensidad 2 A dirigida hacia el lector, tal y como se indica en la figura. Calcula la intensidad que circula por el hilo 2 y su sentido sabiendo que en el punto P el campo magnético resultante es nulo. Con la intensidad calculada en el apartado anterior, determine la fuerza por unidad de longitud (módulo, dirección y sentido) que ejercen los dos hilos entre sí.

a) Cada conductor genera un campo magnético, cuyas líneas de campo son circunferencias concéntricas en ellos y cuyo sentido es el indicado por el giro de un sacacorchos que avanza según la intensidad de la corriente eléctrica.

Para que campo magnético se anule en el punto P, la intensidad de la corriente eléctrica que pasa por el hilo dos tiene que tener sentido contrario a la que pasa por el hilo 1, es decir perpendicular al plano del papel y hacia adentro.

Aplicando la ley de Biot y Savart, y como los módulos de los dos campos magnéticos tienen que ser iguales, resulta que:

$$B_1 = B_2 ; \frac{\mu . I_1}{2 . \pi . a_1} = \frac{\mu . I_2}{2 . \pi . a_2} ; \quad \frac{2\ A}{100\ cm} = \frac{I_2}{25\ cm} \rightarrow I_2 = 0,5\ A$$ 0

b) El conductor I_1 crea un campo magnético B_1, cuyas líneas de campo son circunferencias concéntricas en el conductor y cuyo sentido está indicado por el giro de un tornillo que avanza con la corriente. En los puntos en los que se localiza el conductor I_2 tiene sentido indicado en la figura adjunta y cuyo módulo es:

$$B_1 = \frac{\mu}{2\ \pi}\frac{I_1}{a}$$

Este campo magnético actúa sobre el conductor I_2, mediante una fuerza magnética de dirección la de la perpendicular a los conductores y cuyo sentido es de repulsión entre los hilos. El módulo es esta fuerza es:

$$F_2 = L \cdot I_2 \cdot B_1 \cdot \text{sen}\ \nu = \frac{\mu}{2\ \pi} I_1 \cdot I_2 \frac{L}{a}$$

De igual forma y aplicando el principio de acción y reacción el conductor I_2 repele al conductor I_1 con una fuerza F_1 del mismo módulo, la misma dirección y sentido opuesto.

Sustituyendo, y si los conductores están situados en el vacío, el módulo de la fuerza es:

$$F_1 = F_2 = \frac{\mu_0}{2\ \pi} I_1 \cdot I_2 \frac{L}{a} = \frac{4 \cdot \pi\ 10^{-7}\ N/\ A^2}{2 \cdot \pi}\ 2\ A \cdot 0{,}5\ A \frac{L}{0{,}75\ m} = 2{,}7 \cdot 10^{-7} \cdot L\ N/m$$

Con lo que la fuerza con que se repelen por unidad de longitud es:

$$\frac{F_1}{L} = \frac{F_2}{L} = 2{,}7 \cdot 10^{-7}\ N/m$$

14. Por un conductor rectilíneo de gran longitud pasa una intensidad de la corriente I = 2 A y por la espira una intensidad I= 1 A, en los sentidos que se indican en la figura adjunta. Calcula el módulo de las fuerzas que actúan sobre cada lado de la espira y representa sus direcciones y sentidos en un diagrama.

El campo magnético creado por un conductor rectilíneo indefinido en un punto P a una distancia a del conductor, se determina aplicando la ley de Biot y Savart:

$$B = \frac{\mu \cdot I}{2 \cdot \pi\ a}$$

Las líneas de campo son circunferencias concéntricas en el conductor y situadas en planos perpendiculares al mismo. El vector campo magnético es tangente a las líneas de campo y su sentido es el indicado por el giro de un sacacorchos que avanza según el sentido de la intensidad de la corriente eléctrica.

En la región en la que está situada la espira, el conductor indefinido genera un campo magnético perpendicular al plano de la espira y su sentido es hacia dentro.

a) Lados de la espira paralelos al hilo indefinido.

La distancia es constante entre el hilo indefinido y los lados de la espira paralelos a este hilo, por lo que el campo magnético es constante en la posición de estos lados.

Este campo magnético actúa sobre cada lado del circuito con una fuerza que se determina aplicando la segunda ley de La Place: $\vec{F} = I' \; _ \; (\vec{L} \wedge \vec{B})$ 0, de dirección la de la perpendicular al campo magnético y al lado del circuito en cuestión y de sentido el que indica la regla de Maxwell, que coincide con el avance de un sacacorchos al voltear el vector intensidad sobre el vector campo magnético por el camino más corto.

En módulo: $F = \frac{\mu}{2 \, . \, \pi} I \, . \, I' \frac{L}{r}$ 0

Sobre el lado de la espira situado más cerca del hilo la fuerza, F_1, tiene la dirección de la perpendicular a los dos hilos y su sentido hacia el hilo indefinido.

$$F_1 = \frac{4 \, . \, \pi . \, 10^{-7} \, N/ \, A^2}{2 \, . \, \pi} \, 2 \, A \, . \, 1 \, A \frac{0,1 \, m}{0,05 \, m} = 8 \, . \, 10^{-7} \, N$$ 0

Sobre el lado de la espira más alejado del hilo la fuerza, F_2, tiene la dirección de la perpendicular a los dos hilos y su sentido es el contrario de la fuerza anterior.

$$F_1 = \frac{4 \, . \, \pi \, 10^{-7} \, N/ \, A^2}{2 \, . \, \pi} \, 2 \, A \, . \, 1 \, A \frac{0,1 \, m}{0,1 \, m} = 4 \, . \, 10^{-7} \, N$$ 0

b) El campo magnético que actúa sobre los lados de la espira que son perpendiculares al hilo indefinido no es constante, ya que la distancia de éstos al hilo tampoco lo es.

La fuerza sobre estos segmentos cortos de la espira se determina aplicando la segunda ley de La Place para un elemento de corriente: $\vec{d}F = I' \, . \, (\vec{d}L \wedge \vec{B})$ 0.

Estas fuerzas tienen el mismo módulo, la misma dirección, paralelas al hilo indefinido, y sentidos opuestos, hacia el exterior de la espira.

Como el ángulo que forman los vectores es de 901, y como $\vec{d}L = \vec{d}r$ 0, resulta que la fuerza sobre un elemento de corriente es: dF = I´ B . dr

Sustituyendo el campo magnético por su valor a una distancia r del hilo, resulta que:

$$dF = I' \cdot \frac{\mu \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}\, dr$$ 0

Como estos lados de la espira están situados entre las distancias 5 cm y 10 cm del hilo indefinido, integrando la expresión anterior entre estos valores, resulta que:

$$F = \frac{\mu \cdot I \cdot I'}{2 \cdot \pi} \int_{0,05}^{0,1} \frac{dr}{r} = \frac{\mu \cdot I \cdot I'}{2 \cdot \pi} \ln r \Big]_{0,05}^{0,1} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}\ N/A^2 \cdot 2\ A \cdot 1\ A}{2 \cdot \pi} \ln \frac{0,1}{0,05}$$

F0 = 2,8 A 10^{-7} N

